

## APLICAÇÃO DO GLICEROL RESIDUAL DA PRODUÇÃO DE BIODIESEL EM COMPÓSITOS LIGNOCELULÓSICOS

Washington M. Cavalcanti<sup>a</sup>,

e Maria A. Fernandes<sup>a</sup>

<sup>a</sup> Universidade Federal de Minas Gerais -  
Brazil

Contact Information

washington.cavalcanti@hotmail.com.

### RESUMO

Entre os combustíveis renováveis mais promissores está o biodiesel, produzido a partir de óleos vegetais virgens ou reciclados, que envolve a reação de transesterificação. Mesmo com alta produção e aplicabilidade, grande parte da glicerina obtida ainda não é utilizada devido aos altos custos que envolvem processos de purificação para determinadas finalidades, bem como a expansão da aplicação em materiais de alto valor agregado. Um novo aspecto para o uso do biodiesel glicerol é seu uso como insumo na fabricação de compósitos madeira-plástico. Para isso, o uso e a aplicabilidade desse compósito com características positivas para a substituição de móveis e embalagens em setores prioritários, como a construção civil, estão aumentando. Neste trabalho, foi adotada a metodologia de pesquisa bibliográfica, levantamento, organização e análise de documentos. Essa análise e entendimento inicial levarão a uma discussão e perguntas sobre o possível uso do glicerol da produção de biodiesel na produção de compósitos de madeira e plástico. Ao final desta pesquisa, foi possível apurar que os compósitos estudados apresentavam características vantajosas, tais como: propriedades físico-mecânicas e resistência à biodeterioração. Conclui-se que tais características permitem substituição similar de madeira natural em aplicações em setores como arquitetura, construção, embalagem, logística e várias outras áreas.

**Palavras-chave:** Biodiversidade, Biocombustíveis, Madeira plástica, Resíduos de biodiesel, Glicerol, Resinas de biodiesel

### NOMENCLATURA

<b>NaOH</b>	hidróxido de sódio
<b>KOH</b>	hidróxido de potássio
<b>H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	ácido sulfúrico
<b>H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub></b>	ácido fosfórico
<b>PEBD</b>	polietileno de baixa densidade
<b>PEAD</b>	polietileno de alta densidade
<b>PET</b>	poli(tereftalato de etileno)
<b>PVC</b>	poli(cloreto de vinila)
<b>PP</b>	polipropileno

### INTRODUÇÃO

A crescente demanda mundial por fontes renováveis de energia têm impacto recorrente na utilização de biodiesel como combustível, por apresentar um potencial promissor em diversas regiões no mundo. O biodiesel pela enorme contribuição ao meio ambiente, reduzindo qualitativa e quantitativamente os níveis de poluição ambiental, tem confirmado sua utilização como fonte estratégica de energia renovável em substituição ao óleo diesel e outros derivados do petróleo, pois a queima do biodiesel gera baixos

índices de poluição, o que colabora para a redução do aquecimento global. A produção e comercialização de biodiesel, no Brasil, apresentam significativas vantagens devido à grande disponibilidade de matéria-prima para a produção, além do contínuo crescimento da indústria de óleos vegetais e etanol [1].

A indústria madeireira gera grandes volumes de resíduos, durante a colheita das árvores e processamento das mesmas, isso ocorre mesmo antes da madeira ser introduzida no processo de fabricação para se obter o produto final. Outra fonte de grandes volumes de resíduos de madeira é a construção civil, após a utilização nas etapas de fundação, estrutura e acabamento, principalmente com o descarte de embalagens e paletes [2].

As fibras vegetais são fontes renováveis, amplamente distribuídas, disponíveis, moldáveis, não-abrasivas, porosas, viscoelásticas, biodegradáveis, combustíveis e reativas. Quanto à reatividade química, estas fibras lignocelulósicas apresentam grupos hidroxila acessíveis, podendo reagir com outros grupos funcionais polares, como por exemplo, os presentes nas resinas termoplásticas oriundas de glicerol.

A produção em escala de madeira plástica se apresenta como uma excelente solução sustentável para os resíduos descritos acima. Quanto mais madeira plástica for produzida, menor será o volume de resíduos de biodiesel e de madeira a poluir o meio ambiente. É a tecnologia, mais uma vez, a serviço da preservação do meio ambiente [3].

Como problema de pesquisa é apresentado o seguinte questionamento: Como caracterizar o uso de madeira plástica como alternativa para utilização do glicerol resultante do processo de produção de biodiesel? Assim, este trabalho de pesquisa tem relevância e se justifica por abordar tal tema e a tentativa de produzir novos subsídios que permitam uma prévia observação das perspectivas e limites da utilização do glicerol de biodiesel e de resíduos de madeira, que se apresenta como uma possível solução para os atuais malefícios provocados pelo descarte destes materiais no meio ambiente.

O objetivo geral deste estudo é a apresentação da Madeira Plástica como alternativa à destinação do Glicerol de Biodiesel, descrever suas características, os objetivos específicos descrevem suas propriedades físicas as quais facilitam a sua aplicabilidade com pouca manutenção, maior resistência e durabilidade, além de demonstrar um custo benefício bem maior. Os procedimentos metodológicos para a pesquisa se apresentam como descritiva e bibliográfica, com abordagem qualitativa. Fez-se um levantamento amplo, dentro do conceito de estado da arte, dos artigos e documentos pesquisados sobre o tema central da pesquisa.

## MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa se apresenta como descritiva e bibliográfica. Quanto ao delineamento da pesquisa, trata-se de um levantamento bibliográfico, que enquadra-se como uma abordagem qualitativa [4].

Realizou-se uma pesquisa na rede mundial de computadores usando a ferramenta Google Acadêmico e Indexadores de textos científicos. É importante salientar que ao se parametrizar a análise dos artigos e documentos pesquisados, fez-se um levantamento amplo com foco no tema central pesquisado, porém, não fora adotado nenhum modelo específico já existente na literatura para determinar esta pesquisa, sem, contudo, invalidar os resultados obtidos.

### *Biodiesel e glicerol*

A substituição dos combustíveis fósseis tem sido motivada por fatores ambientais, econômicos e sociais, uma vez que toda a sociedade depende de seu uso. Nesse contexto, uma alternativa que se tem destacado é o uso de biocombustíveis. Pode-se definir biocombustível como todo produto útil para a geração de energia, obtido total ou parcialmente de biomassa [5].

O biodiesel é um biocombustível derivado de fonte renovável para uso em motores a combustão interna com ignição por compressão. Na Tabela 1, são apresentados os principais exemplos de biocombustíveis, dentre os quais está o biodiesel e o bio-óleo, principais combustíveis obtidos a partir de óleos e gorduras.

Tabela 1. Principais exemplos de biocombustíveis [6].

Biocombustível	Matéria-prima	Processos de obtenção	Composição química
Carvão Vegetal	Madeira	Pirólise	Carbono
Alcool	Açúcares (glicose, amido, celulose etc.)	Fermentação anaeróbica	Etanol (CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> OH)
Biogás	Todo o tipo de Biomassa	Fermentação anaeróbica	Hidrocarbonetos leves
Biogás de síntese	Biomassa em geral	Gaseificação	Mistura de vários gases, essencialmente CO e H <sub>2</sub>
Biodiesel	Óleos e gorduras	Esterificação ou transesterificação	Mono-ésteres de ácidos graxos
Bio-óleo	Óleos e gorduras	Craqueamento ou hidrocrackeamento	Mistura de hidrocarbonetos e compostos oxigenados

Este combustível biodegradável é obtido a partir de mistura de óleos vegetais extraídos de culturas oleaginosas ou gordura de animais. A principal qualidade do biocombustível é a possibilidade de substituição do diesel. Segundo definição fornecida na legislação brasileira, o biodiesel é o nome de um combustível alternativo de queima limpa, produzido de recursos domésticos, renováveis [7], conforme esquematizado na Figura 1.

O processo de produção do biodiesel por transesterificação ocorre a partir da preparação da matéria-prima que é o óleo vegetal adicionado a álcool. Após a utilização de um catalisador NaOH ou KOH, ocorre a separação de fases, na qual a fase mais pesada é o glicerol puro, e a mais leve

são os ésteres impregnados de impurezas [8]. Após essa separação, tem-se a etapa final que é a purificação dos ésteres, dando origem ao biodiesel próprio para consumo. O Brasil produz, atualmente, cerca de 52 mil barris de biodiesel por dia, é o segundo maior produtor mundial de biodiesel com aproximadamente 4 bilhões de litros/ano, segundo dados do Ministério das Minas e Energia [9].

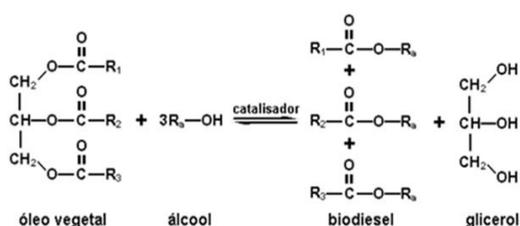


Figura 1. Reação de transesterificação do óleo vegetal [7].

A transesterificação gera dois produtos, os ésteres que é o nome químico do biodiesel e o glicerol (glicerina) muito utilizado na indústria química [10]. Este subproduto, o glicerol, da produção do biodiesel é o que mais preocupa, pois constitui o maior volume gerado e vem sendo queimado em caldeiras ou despejado no ambiente sem tratamento prévio, visto que, apesar de ser utilizado em outras indústrias, não está sendo totalmente absorvido pelo mercado, pois a oferta é três vezes maior que a demanda.

A glicerina é o nome comercial do glicerol, que pode ser produzido tanto de derivados de petróleo como o próprio propeno de óleos vegetais. Mas, para este estudo, o glicerol é proveniente da produção de biodiesel. Uma das aplicações mais amplamente utilizadas para o glicerol é a sua utilização como matéria-prima na fabricação de resinas plásticas, principalmente o polipropileno. Esse plástico é utilizado em automóveis, eletrodomésticos, seringas descartáveis, fraldas, embalagens para alimentos e produtos de limpeza.

No processo de produção do biodiesel, os óleos devem ser processados com baixo teor de ácidos graxos livres e umidade de forma evitar a formação de produtos saponificados que diminuem eficiência de conversão. Para adequar a matéria prima a parâmetros de umidade e acidez aceitáveis para o processo, há uma etapa de preparação anterior à reação [11]. Nessa etapa, a matéria prima é neutralizada através de uma lavagem com uma solução alcalina de hidróxido de sódio ou de potássio, seguida de uma operação de secagem ou de sumidificação. Assim, geram-se resíduos de difícil tratamento, conhecidos como “*Soapstocks*” e glicerina destilada, a glicerina produzida como coproduto do biodiesel possui alto valor comercial após a sua purificação, podendo ser aproveitada por

indústrias de cosméticos e de produtos de limpeza. Quimicamente os “*Soapstocks*” são sabões, gerados na reação entre os ácidos graxos com os hidróxidos de metais alcalinos, numa emulsão com um pouco de triglicerídeos [12]. A Figura 2 ilustra o processo de produção do biodiesel e da glicerina.

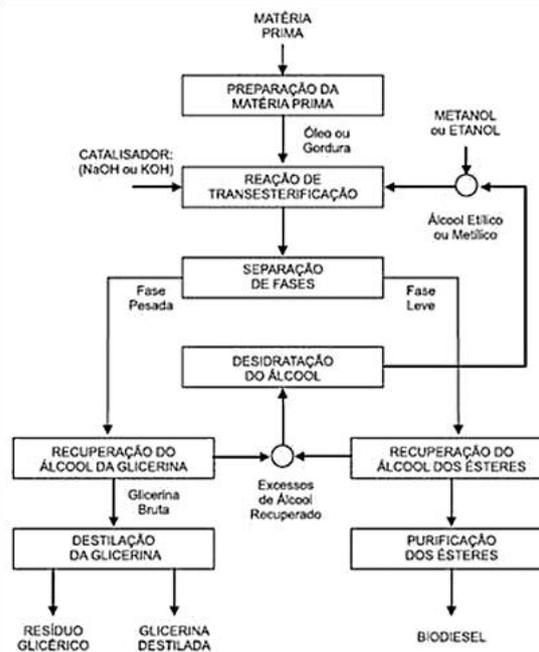


Figura 2. Etapas do processo de transesterificação [12].

Quando o resíduo contém grande concentração de ácidos graxos livres, a reação de esterificação com catálise ácida se apresenta como uma forma eficiente de conversão de ácidos carboxílicos livres em seus ésteres correspondentes (Biodiesel).

Por ser rápida e a um custo moderado, a viabilidade econômica para a produção de biodiesel por esterificação pode ser acentuada quando realizada a partir de diferentes ácidos graxos livres presentes nas borras ácidas oriundas do processo de refino de óleos vegetais e em resíduos graxos de outros processos [13].

### Polimerização do glicerol

Existem diferenças entre os biopolímeros (ou bioplásticos) e plásticos biodegradáveis. Os chamados biopolímeros são aqueles elaborados a partir de fontes renováveis, alternativas ao petróleo. Exemplos disso são os filmes e outros produtos obtidos a partir de celulose. Contudo, nem sempre os biopolímeros são biodegradáveis, e nem todos os plásticos biodegradáveis são biopolímeros. Em verdade, as resinas biodegradáveis são aquelas que podem ser totalmente reabsorvidas pelo meio-ambiente, sendo necessária uma estrutura química compatível com os processos de decomposição, que

pode ser resultante da ação de micróbios, fungos, bactérias, ou baseados em princípios ativos como a oxidação, quando o processo é um resultado da ação catalítica com o oxigênio, ou mesmo a degradação fotoquímica, pelo efeito da luz solar.

A polimerização compreende o conjunto de reações químicas em que monômeros interagem entre si, formando macromoléculas com alto peso molecular [14]. Na reação de polimerização, diversos fatores como temperatura, pressão, agitação e presença de catalisadores influenciam na qualidade do polímero a ser obtido. Os polímeros são classificados de acordo com a reação pela qual ocorre, reação de adição ou reação de condensação, que dependem dos grupos funcionais existentes no monômero [15].

Carey [16] descreve que na polimerização por adição pode resultar da sucessiva adição por moléculas de um ou mais tipo de monômero, obtendo homopolímero e copolímero, respectivamente, sem a formação de subprodutos.

Os oligômeros e polímeros termofixos de glicerol são obtidos por meio da polimerização do glicerol mediante presença de catalisadores básicos (NaOH ou KOH) ou ácidos ( $H_2SO_4$  ou  $H_3PO_4$ ). Assim, ao fim da reação de polimerização do glicerol obtêm-se oligômeros (pequenos polímeros) e água [17].

Ainda, o autor apresenta em estudos que os catalisadores mais utilizados no processo de produção de acroleína ou 2-propenol a partir da glicerina e aplicado na produção do ácido acrílico, são zircônios de sulfatos, tungstênio, fosfatos, bem como aluminas fosfatadas ou sílicas. Os polímeros processados a partir do glicerol apresentam propriedades semelhantes aos plásticos oriundos da indústria petroquímica. Porém, na literatura sobre o uso do glicerol, é possível encontrar diversos textos sobre a obtenção de oligômeros de glicerol e pouco conteúdo sobre a polimerização extensiva do glicerol de biodiesel [18].

### ***Madeira plástica***

A madeira plástica vem sendo apontada como uma grande tendência para substituir a madeira tradicional por apresentar inúmeras vantagens sobre essa, como: durabilidade superior, resistência ao ataque de fungos, cupins, e outros insetos, resistência a umidade e rachadura, não apresenta trincas sob a ação do sol ou chuva, apresenta pouco ou nenhum tipo de manutenção e além de tudo, contribui com o meio ambiente, ao evitar o desmatamento e transformar o plástico pós-consumo em um produto útil à sociedade.

A madeira plástica foi desenvolvida na Europa na década de 1970, mas só nos anos 1990 esse produto chegou ao Brasil [19]. Por ser um produto moderno, resultado de alta tecnologia industrial aplicada para transformar resíduos plásticos em peças

que imitam a madeira comum. Para o autor, a expressão madeira plástica se aplica aos produtos manufaturados com conteúdo de plástico superior a 50% em massa e que possuam genericamente seção transversal retangular, apresentando dimensões típicas dos produtos de madeira industrializada. A produção de madeira plástica exige conhecimento nas áreas de misturas poliméricas e de processamento de polímeros, e que para a fabricação industrial também exige-se avaliação de toda a cadeia industrial da reciclagem, que engloba a coleta, identificação de plásticos, moagem, lavagem, processamento e comercialização [20].

Para Oliveira [20], diversos tipos de plásticos podem ser utilizados para obtenção da madeira plástica, como: PEBD (Polietileno de Baixa Densidade), PEAD (Polietileno de Alta Densidade), PET (poli(tereftalato de etileno)), PVC (poli(cloreto de vinila)) e PP (Polipropileno). O processo produtivo da madeira plástica é feito basicamente por extrusão contínua e os equipamentos necessários para este processo são máquinas para a mistura do plástico com a biomassa (ou outra mistura que venha a ser utilizada) e uma prensa extrusora.

## **RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Como resultados, a partir dos levantamentos da literatura estudada, pode-se relacionar a aplicação dos compósitos plástico-madeira em diversas áreas de utilização (Figura 3). A produção de painéis, perfis e laminados com aplicação de resíduos de madeira e do glicerol, pode contribuir para o atendimento da demanda destes materiais (compósitos), além de promover a adequada disposição final destes resíduos e gerar materiais que preservem os recursos naturais.

A estrutura e natureza da interface entre a fibra lignocelulósica e a matriz polimérica, desempenha um papel importante nas propriedades mecânicas e físicas dos materiais compósitos, porque é através desta interface que ocorre a transferência de carga da matriz para a fibra.

Quanto às propriedades e qualidade dos painéis, perfis e laminados, muitos são os fatores que contribuem para as características do produto final. Dentre os quais, destacam-se as inerentes à madeira (espécies, densidade, pH, teor de umidade, extrativos, local de crescimento, idade e forma do tronco) e os inerentes ao processo (densidade dos painéis, razão de compactação, composição dos painéis, resina e parafina, dimensão e orientação das partículas, umidade das partículas, tempo de fechamento da prensa, temperatura de prensagem e pressão específica) [21].

O uso e as aplicações dos compósitos plástico-madeira são variados e podem substituir de forma similar a madeira natural; conforme apresentado na Figura 3. Áreas de arquitetura, construção civil e decoração de áreas externas são destinações de sua aplicação. Produtos como mourões, cercas, currais, bancos de praça, postes, tábuas, painéis,

ancoradouros, móveis, paletes, *piers*, portões, brinquedos de parque de diversões, são exemplos das diversas utilidades destes materiais [22].



Figura 3. Aplicações da madeira plástica.

Nesta revisão de literatura, foi apresentada uma visão geral sobre a situação do aumento da produção de glicerol de biodiesel no mercado, provocado pela escalada da utilização de biodiesel, abordando formas possíveis de aproveitamento deste resíduo na fabricação de compósitos plástico-madeira.

As características, dos compósitos plástico-madeira, de apresentar uma estrutura mais homogênea e livre de defeitos, com propriedades físico-mecânicas e de resistência à biodeterioração, além da maior estabilidade dimensional, garantem vantagens significativas a este produto, conforme apresentado na Tabela 2.

Apesar de apresentarem algumas semelhanças entre si, esses compósitos, também denominados “*Engineered Wood Products*”, ou produtos de madeira elaborada, apresentam aplicações distintas na maioria das vezes, com objetivos específicos de destinação.

Tabela 2. Características dos compósitos plástico-madeira.

Características	Vantagens	Desvantagens
Aspecto similar às madeiras naturais.	Densidade semelhante à madeira natural.	Mostra-se uma resistência um pouco abaixo da madeira natural.
Em diversas aplicações e são reconhecidos por terem uma resistência à umidade.	Praticamente impermeável e resistente à água.	Se a carga vegetal for elevada pode comprometer a durabilidade do compósito.
Compostos por 60% a 70% de polímeros e uma carga vegetal na ordem de 30% a 40%, produzidos termoplasticamente por alta pressão.	As combinações aglomerante x aglomerado permite definir os melhores índices nas propriedades dos compósitos.	Devido o polímero ser um material flexível, apresenta grande flexão quando exigido.
Uso de resíduos de madeira e plásticos na fabricação.	Não sofre a ação de corrosão e não é vulnerável a pragas.	Os resíduos utilizados como insumos podem estar em locais distante das regiões produtoras dos compósitos.
Uso de resíduos de madeira e plásticos na fabricação.	Incorporação de fibras de madeira torna-se interessante uma vez que são de baixo custo.	Os custos logísticos para disponibilizar os insumos para a fabricação podem chegar a 60% do custo total de um compósito (Logística reversa)
Matéria-prima do produto é abundante e evita o corte de madeira natural.	Não há perdas de matéria-prima na produção, uma vez que os resíduos são reprocessados.	A tecnologia de ponta envolvida não é tão facilmente acessível.

## CONCLUSÕES

A utilização de compósitos oriundos de resíduos de madeira e plásticos ainda percorrerá um longo caminho. A falta de informação da população acaba sendo um dos grandes impedimentos para um crescimento ainda mais acelerado destes materiais. Uma das principais alternativas para o aproveitamento do glicerol excedente é a transformação química em produtos de maior valor agregado para o mercado consumidor.

O processo de produção dos compósitos plástico-madeira está diretamente ligado à reciclagem mecânica de plásticos, os polímeros resultantes do glicerol e resíduos de madeira são conformados em artefatos que visam à substituição da madeira. A polimerização do glicerol é um processo que altera significativamente a viscosidade da solução reacional, ao ponto de se formar um polímero sólido,

o que permite a utilização em compósitos com outros materiais.

Os compósitos à base de materiais de fontes renováveis, estudados neste artigo, concentraram-se no uso de polímeros provenientes de glicerol de biodiesel e biomassa oriunda de resíduos de casca de café e de madeira de construção civil. Assim, ao final deste levantamento foi possível concluir que os materiais compósitos estudados apresentaram características vantajosas, segundo levantamento apurado nos textos pesquisados, as características do compósito Plástico-madeira exibem propriedades físico-mecânicas e de resistência à biodeterioração, além da maior estabilidade dimensional. Foi apurado que tais características permitem substituir de forma similar a madeira natural em aplicações nas áreas de arquitetura, construção civil, embalagens, logística e em diversos outros setores.

Os resultados levam a concluir que é possível, em um breve futuro, uma outra opção na destinação da quantidade de glicerol oriundos da produção de biodiesel, foi possível verificar que a produção e a utilização de compósitos plástico-madeira, além das aplicações identificadas pode agregar maior valor para a mesma.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o apoio financeiro das agências brasileiras: FAPEMIG e CAPES.

## REFERÊNCIAS

1. Oliveira, S. M. M. Meio Ambiente, Reciclagem e Tratamento de Resíduos. Tecpar, 2005. Disponível em: <<http://sbrtv1.ibict.br/upload/sbrt409.pdf?PHPS ESSID=6aa56910df57f5c60f1bee9de0deef0>>. Acesso em: abril 2019.
2. Alvarez, D.; Dorado, M. Tecnología de lamadera. Argentina: Universidad de Córdoba, 2011.
3. Silva, V. J.; Muñoz, L. M.; Puche, J. D.; Cogollo, M.; Cruz, J. E. Desarrollo de elementos estructurales y no estructurales en plástico reciclado para su aplicación en proyectos de viviendas de emergencia. 2011. Disponível em: <<http://www.buenastareas.com/ensayos/Tableros-De-Madera-Plastica/1729264.html2011>>. Acesso em: 12 maio 2019.
4. Gil, A.C. Como elaborar projetos de pesquisa. 4.ed. São Paulo: Atlas, 2002.
5. Tolmasquim, M. T. Fontes renováveis de energia no Brasil. Rio de Janeiro: Interciência, 2003.
6. Suarez, P. A. Z.; Meneghetti, S. M. P.; Meneghetti, M. R. e Wolf, C. R. Transformação de triglicerídeos em combustíveis, materiais poliméricos e insumos químicos: algumas aplicações da catálise na óleo química. Química Nova, v. 30, p. 667-676, 2007.
7. Lima, P.C.R. Biodiesel: um novo combustível para o Brasil. Caderno de Altos Estudos. Câmara dos Deputados. Brasília, 2005. Disponível em: <[http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bd.camara/1141/biodiesel\\_combustivel\\_lima.pdf?sequence=3](http://bd.camara.gov.br/bd/bitstream/handle/bd.camara/1141/biodiesel_combustivel_lima.pdf?sequence=3)>. Acesso em: 15 maio 2019.
8. Rivaldi, J. D.; Sarrouh, B. F.; Fiorillo, R. Glicerol de biodiesel. Biotecnol. Ciênc. Desenvolv. V.37, 44-51, 2007.
9. Ministério das Minas e Energia. Boletim Mensal de Energia, Janeiro 2018. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/1138787/72198330/01++Boletim+Mensal+de+Energia+-+Janeiro+2018+%28PDF%29.pdf/db2aa78a-e38b-461e-9128-f6a87ce0dc0d>> Acesso em: Junho 2019.
10. Mota, C. J. A.; Silva, C. X. A.; Gonçalves, V. L. C. Glicerol química: novos produtos e processos a partir da glicerina de produção de biodiesel. Quim. Nova. V.32, n.3, 639-648, 2009.
11. Macedo, C. C. S.; Abreu, F. R.; Tavares, A.P.; Alves, M. B.; Zara, L. F.; Rubim, J. C. e Suarez, P. A. Z.; New heterogeneous metal-oxides based catalyst for vegetable oil trans-esterification J. Braz. Chem. Soc., v. 17, p.1291-1296, 2006.
12. Abreu, F. R.; Lima, D. G.; Hamú, E. H.; et al; Utilization of metal complexes as catalysts in the transesterification of Brazilian vegetable oils with different alcohols. Journal of Molecular Catalysis. A: Chemical, 2004.
13. Xue, F.; Zhang, X.; Luo, H. Tan, T., A new method for preparing raw material for biodiesel production. Process Biochemistry, v. 41, p. 1644 – 1702, 2006.
14. Antunes, A. Setores da Indústria Química Orgânica, E-papers, Rio de Janeiro, 2007.
15. Lucas, E. F.; Soares, B. G.; Monteiro, E. E. C. Caracterização de polímeros, Determinação de peso molecular e análise térmica, E-papers, Rio de Janeiro, 2001.
16. Carey, F. A. Polímeros sintéticos, Química Orgânica, V.2, 2008.
17. Malheiro, A. I. R.; Sanches, I. M. R. B.; Manrique, Y. J. A. Acroleína. Mestrado Integrado em Engenharia Química. Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto. Junho de 2009. Disponível em: <[http://formacaoambt.wikispaces.com/file/view/Trab6\\_GrupoXI.docx](http://formacaoambt.wikispaces.com/file/view/Trab6_GrupoXI.docx)>. Acesso em: 15 set. 2019.
18. Medeiros, M. A.; Rezende, J. C.; Araújo, M. H.; Lago, R. M. Influência da temperatura e da natureza do catalisador na polimerização do glicerol. Revista Polímeros. V.20, n.3, p.188-193, 2010.
19. Pinto, M. Exclusivo: madeira plástica tem praticamente todas as aplicações da natural, e vantagens. Ambiente Brasil, 2007. Disponível em: <[http://groups.msn.com/Armazen/noticias.msnw?action=get\\_message&mview=0&ID\\_Message=1382](http://groups.msn.com/Armazen/noticias.msnw?action=get_message&mview=0&ID_Message=1382)>. Acesso em abril 2019.

20. Oliveira, Paulo M. Desenvolvimento e caracterização de biocompósito de matriz polimérica de PHB reforçado com HAP-91®. 2005, 148f. Dissertação (Mestrado em engenharia de materiais) – REDEMAT, Universidade Federal de Ouro Preto, da Fundação de Tecnologia do Estado de Minas Gerais, e da Universidade do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte, 2005.
21. Maloney, T. M. Modern particleboard and dry process fiberboard manufacturing. 2. ed. São Francisco: M.Freeman, 1993.
22. Serviço brasileiro de respostas técnicas. Compósitos de madeira-plástico. Resposta Técnica elaborada por: “Mirian de Almeida Costa”. Brasília: CDT/UnB, 2008. (Código da Resposta: 11841). Disponível em: <<http://www.respostatecnica.org.br>>. Acesso em: 10 mar. 2019.